

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-339454

(43)Date of publication of application : 13.12.1994

(51)Int.Cl.

A61B 1/00

A61B 1/04

(21)Application number : 05-130876

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 01.06.1993

(72)Inventor : NISHIMURA HIROICHI

NONAMI TETSUO

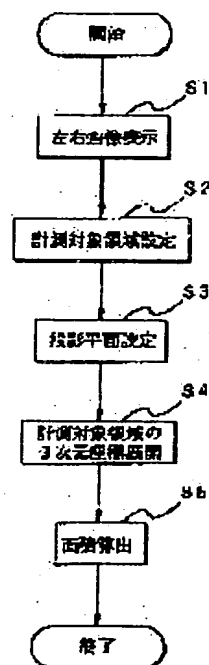
NAKAMURA MASAKAZU

(54) MEASURING ENDOSCOPE DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a measuring endoscope device which enables the area of a subject for measurement to be recognized objectively.

CONSTITUTION: In S1, right and left images for measurement are displayed on respective monitors; the images for measurement are obtained from an endoscope and a video processor; and it is determined whether or not the images should be recorded, and in the case of recording the right and left images are recorded in an external storage as a pair. In S2, the area of a subject for measurement is set; the area of the subject for measurement is set on one or both of the monitors by control of a mouse. In S3, a plane of projection is set. In S4, the boundary of the area of the subject for measurement is developed into three-dimensional coordinates on the plane of projection. In S5, the area of the subject for measurement which is developed into the three-dimensional coordinates is calculated. The calculated value is displayed in a CRT, together with the coordinates of a subject point and the equation of the plane of projection, etc.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-339454

(43) 公開日 平成6年(1994)12月13日

| | | | | |
|---------------------------|---------|--------|-----|--------|
| (51) Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| A 6 1 B 1/00 | 3 0 0 E | | | |
| 1/04 | 3 7 0 | | | |

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平5-130876

(22) 出願日 平成5年(1993)6月1日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 西村 博一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 野波 徹緒

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 中村 雅一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

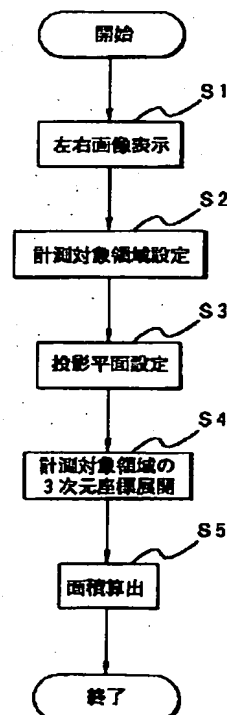
(74) 代理人 弁理士 伊藤 進

(54) 【発明の名称】 計測用内視鏡装置

(57) 【要約】

【目的】 計測対象の面積を客観的に認識できる計測用内視鏡装置を得る。

【構成】 S1において、モニタ上に、計測対象とする左右画像をそれぞれ表示する。計測対象画像は、内視鏡及びビデオプロセッサから得られ、画像を記録するか否かを決定し、記録する際には左右画像を2枚1組で外部記憶に記録する。S2において、計測対象領域の設定を行う。計測対象領域は、マウスの操作によりモニタ上の一方あるいは双方に設定される。S3において、投影平面を設定する。S4において、計測対象領域の領域境界線を、投影平面上の3次元座標に展開する。S5においては、3次元座標に展開された計測対象領域の面積を算出する。算出された値は、対象点の座標、投影平面の方程式等と共に、CRTにおいて表示する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内視鏡先端に対する計測対象点の位置を計測する計測用内視鏡装置において、前記内視鏡により撮像された画像に対し、計測対象とする領域を設定する領域設定手段と、少なくとも1つの3次元空間における平面を設定する平面設定手段と、前記領域を前記平面に投影する投影手段と、前記投影手段により投影された、計測対象とする前記領域の面積を演算する演算手段とを備えたことを特徴とする計測用内視鏡装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、内視鏡先端に対する計測対象点の位置を計測する計測用内視鏡装置に関し、特に計測対象点の位置、計測対象点間の距離、計測対象の凹凸の高さまたは深さを計測できる計測用内視鏡装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、医療分野及び工業分野において、内視鏡が広く用いられるようになった。通常の内視鏡による観察像では、一般に対象物は平面的なものとなり、凹凸等を認識しにくい。このため、例えば本出願人は、特願昭62-181888号明細書において、内視鏡の先端に2系統の対物レンズを設けて、この2系統の対物レンズにより得た2つの画像をイメージガイドを通じて接眼部に導いて双眼により立体的視野を得るようにした装置を提案していた。

【0003】 このようにして得られる2つの画像を撮像して2つのモニタに表示した場合、各モニタの画像上で互いに対応する点を指定することにより、対象物の1点を3次的に特定することができる。そして、その対象点までの距離を求めることや、複数の対象点間の距離を求めること等が可能となる。また、本出願人は特願平1-117863号明細書において、指定された任意の基準平面と、計測対象点との距離を演算することにより、計測対象の凹凸の高さあるいは深さを客観的に知ることが可能となる装置を提案していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、例えば潰瘍、胃炎等の病変部の面積を知ることにより、経時的な治癒過程を客観的に認識したいという要望がある。しかしながら、前述のような対象物の1点を3次的に特定する手段や、複数の対象点間の距離を求める手段、あるいは計測対象の凹凸の高さ及び深さを求める手段等は、いずれも計測対象の面積を示すものではなく、計測対象の面積が客観的には判らなかつた。

【0005】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、対象物の面積を客観的に認識できるようにした計測用内視鏡装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の計測用内視鏡装置は、内視鏡先端に対する計測対象点の位置を計測する計測用内視鏡装置において、撮像された画像に対し、計測対象とする領域を設定する領域設定手段と、3次元空間における少なくとも1つの平面を設定する平面設定手段と、前記領域を前記平面に投影する投影手段と、前記投影手段より投影された、計測対象とする前記領域の面積を演算する手段とを備えている。

【0007】

【作用】 本発明の計測用内視鏡装置では、撮像された画像に対し、計測対象とする領域が設定すると共に、3次元空間における少なくとも1つの平面を設定し、前記領域が前記平面に投影して、前記投影された領域の面積を演算することで、対象物の面積の客観的な認識を可能とする。

【0008】

【実施例】 以下、図面を参照して本発明の第1実施例を説明する。本実施例においては、適用する計測用内視鏡として、先端に2系統の対物レンズを備えたステレオ内視鏡を用いる。

【0009】 図1ないし図18は第1実施例に係わり、図1は計測用内視鏡装置の構成を示すブロック図、図2は内視鏡の挿入部先端部の説明図、図3は計測用内視鏡装置の機能構成を示す機能ブロック図、図4はホストコンピュータの構成を示すブロック図、図5は外部記憶装置の構成を示すブロック図、図6は面積計測の処理の流れを示すフローチャート、図7は面積計測の概念を示す説明図、図8は面積計測の処理の概要を示す説明図、図9は面積計測に用いる3次元座標系を説明する説明図、図10は計測対象点の3次元座標算出原理のための説明図、図11は歪曲収差補正に関する説明図、図12はスケールマーカの表示例を示す説明図、図13は面積計測のための境界追跡に関する第1の説明図、図14は面積計測のための境界追跡に関する第2の説明図、図15は面積計測のための三角形分割に関する第1の説明図、図16は面積計測のための三角形分割に関する第2の説明図、図17は面積計測のための三角形分割に関する第3の説明図、図18は三角形分割処理のアルゴリズムを示すフローチャートである。

【0010】 本実施例の計測用内視鏡装置は、図3に示すように、ステレオ式ビデオイメージエンドスコープ（以下、内視鏡と記す）101と、この内視鏡101によって撮像される右画像及び左画像の各画像信号を信号処理する右画像用ビデオプロセッサ110R及び左画像用ビデオプロセッサ110Lと、前記各ビデオプロセッサ110R、110Lから出力される例えばRGB信号による各映像信号を記憶する右画像用フレームメモリ112R及び左画像用フレームメモリ112Lと、前記各フレームメモリ112R、112Lから出力される例え

ばRGB信号による映像信号を入力して、右画像、左画像を表示する右画像用モニタ130R及び左画像用モニタ130Lと、前記各フレームメモリ112R, 112Lに記憶された画像を用いて、立体計測演算を行うホストコンピュータ120と、前記ホストコンピュータ120に接続された外部記憶140と、前記ホストコンピュータ120に接続され、前記モニタ130R, 130Lに表示されるカーソルの操作や計測対象点の指定及び計測対象領域の設定等を行うマウス145とを備えている。

【0011】前記両ビデオプロセッサ110R, 110Lは、互いに同期した信号処理を行うようになっている。また、本実施例では、前記各フレームメモリ112R, 112Lは、R, G, B用の各メモリを複数組備えており、1組には画像が記憶され、他の組にはカーソルが書き込まれ、各組に書き込まれた信号を足し合わせるにより、モニタの画面上に画像とカーソルとを表示できるようになっている。

【0012】前記ホストコンピュータ120は、図4に示すように構成されている。

【0013】すなわち、ホストコンピュータ120は、CPU121, 右フレームメモリインターフェース122R, 左フレームメモリインターフェース122L, メインメモリ123, 外部記憶インターフェース124, マウスインターフェース125, キーボード126及びCRT127を備え、これらは、バスによって互いに接続されている。また、前記右フレームメモリインターフェース122R, 左フレームメモリインターフェース122Lは、それぞれ、前記右画像用フレームメモリ112R及び左画像用フレームメモリ112Lに接続され、これらとの間で画像データの送受を行うと共に、各インターフェース122R, 122Lを介して、前記フレームメモリ112R, 112Lに対するカーソル制御を行うようになっている。また、前記外部記憶インターフェース124は、外部記憶140に接続され、画像データ及び対象点位置情報の送受を行うようになっている。また、前記マウスインターフェース125は、マウス145に接続されるようになっている。

【0014】前記外部記憶140は、図5に示すよう構成されている。

【0015】すなわち、外部記憶140は、対象点の位置情報を記憶し、ホストコンピュータ120と各種計測データの送受を行う計測データ情報用ファイル181と、ホストコンピュータ120と画像データの送受を行うステレオ画像マネージャ182と、このステレオ画像マネージャ182に連結され、左画像データを記憶する左用画像ファイル183Lと、前記ステレオ画像マネージャ182に連結され、右画像データを記憶する右用画像ファイル183Rとを備えている。本実施例では、内視鏡101で得たステレオ画像を左右2枚1組で

取り扱っており、ホストコンピュータ120から2枚1組で送られて来たステレオ画像は、前記ステレオ画像マネージャ182によって、左用、右用各画像ファイル183L, 183Rに振り分けられて、記録されるようになっている。また、前記ステレオ画像マネージャ182によって、前記各画像ファイル183L, 183Rに記録された画像は、2枚1組で呼び出されるようになっている。

【0016】内視鏡101は、図2に示すように、細長の挿入部102を備え、この挿入部102の先端部には、複数の、例えば2つの観察窓と、照明窓とが設けられている。前記各観察窓の内側には、互いに視差を有する位置に、右眼用対物レンズ系103R, 左眼用対物レンズ系103Lが設けられている。各対物レンズ系103R, 103Lの結像位置には、それぞれ、固体撮像素子を用いた撮像手段104R, 104Lが配設されている。また、前記照明窓の内側には、配光レンズ105が設けられ、この配光レンズ105の後端には、ファイババンドルよりなるライトガイド106が連設されている。このライトガイド106は、前記挿入部102内に挿通され、入射端部は図示しない光源装置に接続されるようになっている。そして、この光源装置から出力される照明光が、前記ライトガイド106及び配光レンズ105を介して被写体に照射されるようになっている。この被写体からの光は、前記対物レンズ系103R, 103Lによって、それぞれ右画像、左画像として、撮像手段104R, 104Lに結像されるようになっている。

【0017】次に、計測用内視鏡装置の機能ブロック構成を説明する。前記撮像手段104R, 104Lによって撮像された各画像信号は、それぞれ、ビデオプロセッサ110R, 110Lに入力され、映像信号処理が施されるようになっている。前記各ビデオプロセッサ110R, 110Lから出力される各画像信号は、それぞれ、A/D変換器111R, 111Lによりデジタル信号に変換された後、画像メモリすなわち、各フレームメモリ112R, 112Lのうちの画像用のメモリに記憶されるようになっている。

【0018】前記左右画像フレームメモリ112R, 112Lから読み出された画像信号は、それぞれ、ORゲート157R, 157Lを経て、D/A変換器158R, 158Lにてアナログ信号に変換され、モニタ130R, 130Lに入力されるようになっている。そして、このモニタ130R, 130Lに、それぞれ、右画像、左画像が表示されるようになっている。

【0019】また、右画面にカーソルを表示させるカーソル表示手段151Rと、左画面にカーソルを表示させるカーソル表示手段151Lとが設けられ、マウス145は、切換手段150を介して、前記カーソル表示手段151R, 151Lの一方に接続されるようになっており、各画面用のカーソルの移動等の操作を行うことがで

きるようになっている。前記カーソル表示手段151R、151Lから出力されるカーソル表示用の信号は、前記ORゲート157R、157Lに入力されるようになっており、これにより、モニタ130R、130Lの画面にカーソルが重畳されるようになっている。

【0020】また、右画面用のカーソル表示手段151Rには、案内線表示手段153が連結され、この案内線表示手段153は、右画面において対象点が指定されている場合には、その対象点に対する左画面上での位置条件を演算し、その位置条件に基づいて案内線表示用の信号を出力するようになっている。この案内線表示用の信号は、ORゲート157Lに入力されるようになっており、これにより、左画像用モニタ130Lの画面に案内線が重畳して表示されるようになっている。

【0021】また、前記両カーソル表示手段151R、151Lには、対象点位置演算手段154が連結されており、この対象点位置演算手段154は、両画面において対象点が指定されている場合には、その対象点の各画面における座標より計測対象点の3次元座標を求めるようになっている。

【0022】一方、平面設定手段160、領域設定手段155、投影手段161、面積算出手段162が設けられており、平面設定手段160は、対象点位置演算手段154に連結され、3点以上の対象点の位置を得ることにより、平面（以下、投影平面）を設定する。また、領域設定手段155は、カーソル表示手段151L、151Rに連結されるとともに、ORゲート157L及び157Rに連結される。領域設定手段155は、マウス145を操作することにより、左及び右画像の一方または双方に面積を計測する対象領域（以下、計測対象領域）をモニタ130L及び130R上に描画する。投影手段161は、平面設定手段160及び領域設定手段155に連結される。投影手段161は投影平面上に計測対象領域を投影することにより、3次元座標への展開を行う。面積算出手段162は投影手段161に連結され、3次元座標に展開された計測対象領域の面積を算出する。

【0023】尚、本実施例においては前記切り替え手段150、カーソル表示手段151R、151L、対象点位置算出手段154、案内線表示手段153、領域設定手段155、平面設定手段160、投影手段161、面積算出手段162は、前記ホストコンピュータ120を動作させることにより達成される。また、ホストコンピュータ120は、対象点位置、投影平面、計測対象領域、算出された面積の値を外部記憶140に記録可能である。

【0024】このように構成された計測用内視鏡装置の計測対象領域の面積計測の流れを図6に従い説明する。

【0025】本実施例においては計測対象領域を、3つの指定された対象点による1つの投影平面上に投影し、

その面積を求めるものとする。図7は、本実施例における面積計測の原理の概念図である。図7において、平面設定手段160により設定された平面に投影手段161によって計測対象領域を投影することにより、計測対象領域が投影平面上に存在しているものと仮定し、対物レンズ103L（R）を介して撮像して面積算出手段162でその面積を算出する。

【0026】ステップS1において、モニタ130L及び130R上に、計測対象とする左右画像（以下、計測対象画像）をそれぞれ表示する。計測対象画像は、内視鏡101及びビデオプロセッサ110L、110Rから得られるものと、外部記憶140にあらかじめ記録しておいたもののいずれを使用してもよい。内視鏡101による画像を選択した場合は、画像を記録するか否かを決定し、記録する際には左右画像を2枚1組で外部記憶140に記録する。

【0027】次に、ステップS2において、計測対象領域の設定を行う。計測対象領域は、マウス145の操作により、モニタ130Rまたはモニタ130L上の一方あるいは双方に設定される。この作用は、例えば以下のように達成される。

【0028】A1. 計測対象領域を設定を左画像、右画像、あるいは双方の画像上のいずれに行うかを選択する。

【0029】A2. 選択された画像上（双方の画像上に設定する場合は、まず右画像上）に、計測対象領域描画用の任意に移動可能なカーソル（以下、描画カーソル）を表示する。

【0030】A3. マウス145の操作により、描画カーソルを移動し、そのフレームメモリ112Rまたは112L上の軌跡（以下、領域境界線）に囲まれる計測対象領域を指定する。尚、この操作は繰り返し可能である。

【0031】A4. 計測対象領域確定後（双方の画像上に設定する場合は左画像上に、同様の作業を繰り返した後）、設定を終了する。

【0032】続いて、ステップS3において、投影平面を設定する。投影平面設定のための対象点の指定は、例えば以下のように行う。

【0033】B1. 対象点がすでに指定されているが、変更する場合には、左右モニタ130L及び130R上のカーソルを消す。

【0034】B2. 右画像用モニタ130R上に、点の指定用として任意に移動可能なカーソル（以下、動カーソル）を表示する。

【0035】B3. マウス145の操作により、指定する点に動カーソルを移動する。

【0036】B4. マウス145の操作による指定を行うと、動カーソルは消え、確定カーソルが表示される。尚、この指定は繰り返し可能である。

【0037】B5. 必要に応じ、左画像用モニタ130L上に、案内線を表示する。

【0038】B6. 左画像用モニタ130L上に、動カーソルを表示する。

【0039】B7. マウス145の操作により、指定する点(右画像上に指定した点に対応する点)に動カーソルを移動する。

【0040】B8. マウス145の操作による指定を行うと、動カーソルは消え、確定カーソルが表示される。尚、この指定は繰り返し可能である。

【0041】B9. 指定された左右の対象点に対応する計測対象点の3次元座標が演算される。

【0042】B1~B9の作業を、対象点3点分繰り返し、後述する平面方程式への代入により導出される平面を投影平面とする。

【0043】尚、3つの対象点の指定は、4つ以上の対象点から3つを選出するようにしてもよい。

【0044】上記B5における案内線は、一方の画像上で対象点を指定した場合、他の画像上でその対象点が存在しているべき位置を示すものである。これは、一般にはエピポーラインと呼ばれるものである。エピポーラインについては、文献1(画像解析ハンドブック 高木幹雄 下田陽久 監修 東京大学出版会)に詳しい。

【0045】また、エピポーラインの性質を利用することにより、左右いずれか一方の対象点の指定後、他方の画像上の対応する点を自動的に決定することができる。すなわち、エピポーライン上に、対応すべき点が存在することから、対象点付近の画像データを用いた1次元のマッチング処理を適用し、最も相関の高いパターンを求め、対象点に対応する点を決定する。マッチング手法は例えば同出願人による文献2(USP 4, 962, 540)に開示されているカラーマッチング手法を適用すればよい。

【0046】さらに、上記B7において、左画面上に指定した対象点の位置が、右画像上に指定した対象点と明らかにずれていることを自動的に認識し、操作者に指定を再実行させることが考えられる。例えば、前出のエピポーラインから外れた点を指定した場合には、3次元座標の算出は行わず、指定エラーメッセージを表示する等の処理を行う。

【0047】続いて、ステップS4において、計測対象領域の領域境界線を、投影平面上の3次元座標に展開する。

【0048】ステップS5においては、3次元座標に展開された計測対象領域の面積を算出する。算出された値は、対象点の座標、投影平面の方程式等と共に、CRT127において表示する。また、必要に応じて外部記憶140に、計測対象領域を加え、計測データとして保存可能である。

【0049】尚、ステップS2及びステップS3は、処

理の順序を逆にしてもよく、任意の手順を踏むことができる。また、投影平面及び、計測対象領域はあらかじめ設定されているものを外部記憶140から再表示し、使用することができる。その際には、同一の投影平面を用いて新たな計測対象領域の面積を導出する、あるいは同一の計測対象領域を異なる投影平面に投影することができる。また、対象点を1点あるいは2点変更し、投影平面を設定し直す等の処理も可能である。

【0050】図8は、ステップS1~ステップS5までの各処理での概念図である。

【0051】次に、本実施例におけるステップS5での面積計測の原理を、より具体的に説明する。対象点の3次元座標は、図9に示されるように、内視鏡101における2つの対物レンズ103R、103Lの中心を通る直線の方角をX軸とし、対物レンズ間の中点を原点OとするXYZ座標系により表されるものとする。図10(a)、(b)は、得られる3次元座標系において、内視鏡101の撮像系をそれぞれX-Z、Y-Z座標系に基づき表示したものである。

【0052】対象点Pはマウス145に用いた操作により、フレームメモリ112R及び112L上で指定される。対象点Pは、対物レンズ系103R及び103Lを通じ、撮像手段104R及び104L上に結像したものである。ここでは、左右の光軸は平行であり、それぞれ撮像手段104L及び104Rと直交するものとする。また、対物レンズ系103Rと撮像手段104R、対物レンズ系103Lと撮像手段104Lは、それぞれ平行に配置されている。

【0053】対象点Pの3次元座標(X_p , Y_p , Z_p)は、三角法を用いて算出される。図10において、対象点Pの左右撮像手段上での結像位置は、撮像手段104R及び104Lの光軸との交点 R_o 及び L_o を原点とし、それぞれ(L_{px} , L_{py})、(R_{px} , R_{py})として表される。ただし、 R_o と L_o のY座標は等しく、 $L_{py}=R_{py}$ であるため、図10(b)では左側撮像系のみ示す。

【0054】尚、内視鏡による撮像画像は、一般に広角レンズを使用しているため、歪曲収差による歪が存在する。本実施例においては、歪曲収差補正処理適用後の結像位置を(L_{px} , L_{py})及び(R_{px} , R_{py})とする。歪曲収差補正処理は例えば以下を行う。

【0055】内視鏡を用いて例えば図11(a)に示す製法のます目を撮像した場合、得られる画像は図11(b)に示されるようなものになる。この歪画像が正法のます目画像になるように、各画素における補正値をあらかじめ決定しておき、実際の撮像画像に対しての補正を行うことにより歪曲収差補正処理を実現することが可能となる。より具体的な処理手法は、文献3(USP 4, 895, 431)において開示されている。以下、本実施例においては歪曲収差補正処理適用後の画像を取り扱うものとする。

【0056】図10において、左右対物レンズ系103L及び103Rの中心をそれぞれL0及びR0とする。また、Dは左右の光軸間の距離、Fは対物レンズ系103Rと撮像手段104Rとの距離を示し対物レンズ系104Lと撮像手段104Lとの距離もこれに等しい。

【0057】計測対象点Pから内視鏡先端面上に下ろした垂線の足をQとすると、次に示す(A)(B)(C)の関係が成り立つ。

【0058】図10(a)より

$$(A) \quad \Delta PQL0 \sim \Delta L0LoLpx$$

$$(B) \quad \Delta PR0Q \sim \Delta R0RpxRo$$

図10(b)より

$$(C) \quad \Delta PQL0 \sim \Delta L0LoLpy$$

LoLpx、RoRpx及びLoLpyの値は撮像素子面にお

$$Xp = D \cdot (LpxLo - RpxRo) / 2 (PpxLo + RpxRo) \quad \dots (1)$$

$$Yp = D \cdot LpyLo / (LpxLo + RpxRo) \quad \dots (2)$$

$$Zp = D \cdot F / (LpxLo + RpxRo) \quad \dots (3)$$

以上により得られる対象点の3次元座標より、内視鏡先端から対象点までの距離、複数の対象点間の距離を算出することができる。

【0062】また、得られた対象点の3次元座標値を基に、対象物の長さ、大きさを客観的に認識できるスケールマーカを、対象物の形状に合わせて表示してもよい。図12にスケールマーカの表示例を示す。図12(a)において、対象点Paの3次元座標を求めた後、点PaとX座標が同じ点を水平方向に、Y座標が同じ点を垂直方向に求め、図12(b)に示されるように一定の間隔(例えば1mm)ごとに目盛りがふられた曲線として画像に重畳し、表示する。スケールマーカは方眼、ドット、同心円状のもの等、種々考えられる。

【0063】本実施例においては、対象点3点により投影平面を作成する。投影平面は対象点3点の3次元座標を、それぞれ(X1, Y1, Z1)、(X2, Y2, Z2)、(X3, Y3, Z3)とし、平面方程式 $aX + bY + cZ + d = 0$ に代入した連立方程式を解くことにより、必要なパラメタa、b、c、dが求まる。

【0064】次に、計測対象領域の設定から投影平面上の3次元座標への展開までの処理の流れについて説明する。マウス145の操作により、計測対象領域の境界線が描画され、境界線の内部に含まれる領域が計測対象領域となる。この境界線は、本実施例においてはフレームメモリ112L及び112R上で、それぞれ左右画像を表示するためのRGB各プレーンに重ねられた描画用プレーンに設定されるものとする。描画用プレーン上の画

$$\text{左側} \quad Xp = (LpxLo \cdot Zp - D \cdot F / 2) / F \quad \dots (4)$$

$$\text{右側} \quad Xp = (-RpxRo \cdot Zp + D \cdot F / 2) / F \quad \dots (5)$$

$$Yp = -LpyLo \cdot Zp / F (= -RoRpy \cdot Zp / F) \quad \dots (6)$$

設定された計測対象領域が左画像上のものであれば式

(4)を、右画像上のものであれば式(5)を用いる。

【0069】また、投影平面の方程式より、式(7)が

る距離として得ることができる。すなわち、フレームメモリ112R及び112L上における結像位置と、1画素あたりの画素サイズから求めればよい。

【0059】また、図10(a)より

$$(E) \quad R0Q + QL0 = D$$

が成り立ち、さらに、図10(a)及び図10(b)より

$$(F) \quad L0Lo = R0Ro = F$$

が成り立つ。

【0060】これらの条件((A)~(F))により対象点Pの座標(Xp, Yp, Zp)は、以下の式(1)、(2)、(3)より求められる。

【0061】

素は、当初はすべて0の値が代入されているが、マウス145の操作により計測対象領域の境界線となる画素の値を順次1に変更する。図13はこのようにして設定された計測対象領域の描画用プレーン上での表現の例である。

【0065】続いて、後述する面積算出処理のための前処理として、描画された計測対象領域の境界画素の連結情報を取得する。

【0066】領域境界線は、点(画素)の連結により構成されており、連結情報は注目する点が次にどの点に接続するかを示し、例えば図14において点(計測対象領域画像の画素に対応する)Pkが点Pk+1に、点Pk+1が点Pk+2に連結することに対応する。これは、公知の境界線追跡処理により達成され、文献4(コンピュータ画像処理入門 田村秀行 著 総研出版 p. 84~85)に詳しい。計測対象領域の境界追跡は、追跡開始点P0より開始され、領域境界点を一周して再び点P0に戻る。連結情報は、いわゆるチェーン・コードとして取得される。

【0067】連結情報取得後、計測対象領域に対する投影平面上の3次元座標への展開を行う。3次元座標展開の原理は、三角測量法における左及び右側撮像系のどちらか一方に関しての結像条件と、投影平面の方程式からなる。図10において、座標算出の点P(Xp, Yp, Zp)(以下、領域境界点)に対し式(4)、(5)、(6)が成り立つ。

【0068】

えられる。

【0070】

$$a X_p + b Y_p + c Z_p = 0 \quad \dots (7)$$

以上より、領域境界点Pの座標 (X_p , Y_p , Z_p) は以下のように求められる。

【0071】左側：
【数1】

$$X_p = \frac{LoLpx \times (\frac{a \times D}{2} - d)}{a \times LoLpx - b \times LoLpy + c \times F} - \frac{D}{2} \quad \dots (8)$$

$$Y_p = \frac{LoLpy \times (-\frac{a \times D}{2} + d)}{a \times LoLpx - b \times LoLpy + c \times F} \quad \dots (9)$$

$$Z_p = \frac{\frac{a \times D \times F}{2} - d \times F}{a \times LoLpx - b \times LoLpy + c \times F} \quad \dots (10)$$

右側：

【数2】

$$X_p = \frac{-RpxRo \times (\frac{a \times D}{2} + d)}{a \times RpxRo + b \times RoRpy - c \times F} + \frac{D}{2} \quad \dots (11)$$

$$Y_p = \frac{-RoRpy \times (\frac{a \times D}{2} + d)}{a \times RpxRo + b \times RoRpy - c \times F} \quad \dots (12)$$

$$Z_p = \frac{\frac{a \times D \times F}{2} + d \times F}{a \times RpxLo - b \times RoRpy + c \times F} \quad \dots (13)$$

得られた3次元座標と、前述の連結情報を用いて、計測対象領域の面積を求める。本実施例においては、3次元座標に展開された領域境界点により表される計測対象領域を、複数の三角形に分割し、それらの面積の和を求めることとする。図15及び図16は、本実施例における三角形分割のための説明図である。領域境界点は、投影平面上において、例えば図15(a)に示すように、離散的に分布している。ここで連結情報を用いると、計測対象領域は図15(b)に示されるような多角形とみなすことができる。したがって、図15(a)の計測対象領域の面積は、図16に示されるような複数の三角形への分割により、それらの面積の総和として求めることが可能となる。

【0072】図18は、三角形分割の処理を説明するためのフローチャートである。

【0073】計測対象領域はn個の領域境界点P0~Pn-1より構成されるものとする。ステップS10におい

て、k=0、求める面積S=0と初期化する。続いてステップS11において、k=0、求める面積S=0と初期化する。続いてステップS11において、三角形を形成する3点T0、T1、T2を、それぞれ点Pk、Pk.next、Pk.next.nextに設定する。Pk.nextはPkが連結する点を示し、Pk.next.nextはさらにPk.nextが連結する点を示すものとする。これらは連結情報に基づき代入される。

【0074】ステップS12では、△T0T1T2の面積算出の可否の判定を行う。図17に△T0T1T2の構成パターンを示す。図17において、図17(a)の場合には三角形の面積を算出する。図17(b)のように三角形が計測対象領域の外部に取られている場合、あるいは図17(c)のように他の連結する点が辺T0T2と交差する場合には算出は行わない。

【0075】△T0T1T2が正しく設定されたものと判定されれば、ステップS13において面積を算出し、そ

の値をSに加算する。

【0076】ステップS14においては、Pk.next (=T1)をT2に変更する。これは、すでに面積を算出済みの三角形が重複されて計測されることを防ぐ。次いで、ステップS15において $k=k+2$ とする。また、ステップS12での判定により $\Delta T_0T_1T_2$ の面積を算出しないのであればステップS17において $k=k+1$ とする。

【0077】ステップS16では、 k と領域境界点の個数 n との比較を行う。 $k \geq n$ (領域境界点の連結を一周したことになる)であれば k の値をステップS18において修正する。

【0078】ステップS19において、面積算出終了、すなわちすべての三角形分割終了の判定を行い、終了でなければステップS11～S19を繰り返す。三角形分割終了の判定はPk.next.nextが連結する点が、Pkとなった場合に面積算出終了と判定する。

【0079】ここで、三角形の面積算出には次の式(14)を用いる。

【0080】

【数3】

$$S = \frac{1}{2} |\overrightarrow{T_0T_1}| |\overrightarrow{T_1T_2}| \sin \theta \quad \dots(14)$$

ただし θ は $\overrightarrow{T_0T_1}$ と $\overrightarrow{T_1T_2}$ とが成す角

以上説明したように、第1実施例の計測用内視鏡装置によれば、平面設定手段160により設定された平面に投影手段161によって計測対象領域を投影することにより、計測対象領域が投影平面上に存在しているものと仮定し、面積算出手段162で投影された計測対象領域の面積を算出するので、対象物の面積を客観的に認識でき、例えば経時的な治癒過程を客観的に認識することが可能となる。

【0081】尚、連結を例えば1点おきに行うことにより処理の高速化及びメインメモリ123の節約を図ることができる。

【0082】次に第2実施例について説明する。図19ないし図23は第2実施例に係わり、図19は面積計測の処理の流れを示すフローチャート、図20は平面の設定に関する第1の説明図、図21は平面の設定に関する第2の説明図、図22は面積計測のための投影を説明する説明図、図23は面積計測のための境界追跡に関する説明図である。

【0083】第2実施例は第1実施例とほとんど同じであり、面積算出方法が異なる以外は同一なので、異なる点のみ説明する。

【0084】本発明の第2の実施例は、設定された複数の投影平面に計測対象領域を投影し、その面積を算出する。ここでは、4つの指定された対象点による2つの投影平面を設定する場合について説明する。

【0085】本実施例における面積計測の流れを図19に従い提示する。

【0086】ステップS21において、モニタ130L及び130R上に、計測対象画像をそれぞれ表示する。これは、第1実施例における図6のステップS1での処理と同一の内容である。

【0087】次に、ステップS22において、計測対象領域の設定を行う。これは、第1実施例における図6のステップS2での処理と同一である。

【0088】続いて、ステップS23において、2つの投影平面を設定する。投影平面設定のための対象点の指定方法は、第1実施例における図6のステップS3での処理と同一である。ここでは、前述のB1～B9における作業を、対象点4点分繰り返す、以下に示す処理により2つの投影平面を設定する。

【0089】尚、4つの対象点の指定は、5つ以上の対象点から4つを選出するようにしてもよい。

【0090】例えば、4つの対象点R1～R4が図21に示されるような配置で指定されているものとする。1つの平面は、3つの点により規定されるため、図20における対象点R1～R4による2つの平面の設定は、図21(a)、(b)、(c)及び(d)に示される4通りが考えられる。図21において、 α 及び β はそれぞれ第1及び第2の投影平面を構成する3点を頂点とした三角形を示している。例えば、図22(a)では、3点R1、R2、R3による平面 α と、3点R1、R2、R4による平面 β が構成され、点R1及びR2を通る交線において交わっていることを表す。

【0091】本実施例においては、まず、2つの投影平面をいずれに設定するかを決定する。これは、例えば設定がR1、R2、R3、R4の順序で行われたのであれば、先である順に3点R1、R2、R3により第1の投影平面を構成し、第2の平面を3点R1、R3、R4によるものとあらかじめ決めておけばよい。また、マウス145を用いた操作者による選択からそれぞれの投影平面を規定する3点を決定してもよい。

【0092】次に、ステップS24において、設定された2つの投影平面それぞれに対し、計測対象領域を投影し、3次元座標に展開する。各平面への投影は第1実施例において詳細に説明した方法により実現される。尚、注目する境界点を、第1及び第2の投影平面のいずれから選択すればよいかを後述する。

【0093】ステップS25においては2つの投影平面に投影された計測対象領域の面積を算出する。面積の算出方法の詳細は、後述する。

【0094】例えば、計測対象領域に対する投影平面の設定が図22(a)に示されるように行われ、その交線は m であるものとする。計測対象領域Aに対する、第1の投影平面及び第2の投影平面への投影結果の概要は、それぞれ図22(b)及び(c)に示されるようなものと

なる。

【0095】続いて、計測対象領域Aの境界線上の点Pkに対する第1及び第2の投影平面上の3次元座標をそれぞれPk1 (X1, Y1, Z1)、Pk2 (X2, Y2, Z2)とし、Z1とZ2の値を比較する。Z1>Z2であればPk1を、Z2<Z1であればPk2を点Pkの3次元座標展開と決定する。この比較及び決定をすべての境界点に関して行えば、計測対象領域Aの3次元座標展開の結果として図22(d)が得られる。

【0096】また、交線m付近の第1及び第2の投影平面において、境界点が図23に示されるように分布しているものとする。境界点Pa及びPa+1、境界点Pb及びPb+1は、交線mを境界としてそれぞれが互いに異なる投影平面上に存在している。ここで、線分PaPa+1及び線分PbPb+1と、交線mとの交点Qa及びQbを求めておく。尚、Z1=Z2なる点Pkがあれば、それを交点QaまたはQbの座標とすればよい。

【0097】面積の算出は、第1実施例において説明した処理と同様に、投影平面上の境界点を用いて分割された複数の三角形の面積の総和を求めることにより実現される。本実施例においても境界点の連結情報の取得を行い、そのアルゴリズムは第1実施例と同様のものとする。ただし、第1及び第2の投影平面の各々に投影された計測対象領域の面積をそれぞれ別個に算出するため、以下の通り変更を加えることにより、2通りの閉じた連結を作成する。

【0098】図23において、第1の投影平面上の境界点Paの連結する点を、点Pa+1から点Qaに変更する。また、点Qaが連結する点を点Qb、点Qbが連結する点を点Pb+1とする。また、第2の投影平面において、Pbの連結する点をQbに、点Qbの連結する点を点Qaに、点Qaが連結する点をPa+1とする。したがって、第1の投影平面上の境界点の連結(連結1とする)と、第2の投影平面上の境界点の連結(連結2とする)が完成する。

【0099】続いて、連結1及び連結2の各々に対し、第1実施例において説明した複数の三角形への分割処理を同様に適用し、それぞれの面積の総和S1及びS2を算出する。その結果、計測対象領域の面積Sは、 $S = S1 + S2$ として求められる。

【0100】本実施例における一連の処理を応用することにより、3つ以上の投影平面を設定し、同様にして計測対象領域の面積を算出することが可能となる。

【0101】また、本実施例においては2つの投影平面を設定した上での処理を適用したが、これに限定されるものではなく、設定する投影平面の数は、計測対象物により適宜変更すればよい。

【0102】尚、本発明の第1及び第2実施例においては左右の光軸間の距離D、対物レンズ系撮像手段との距

離F、あるいは歪曲収差補正值等は、計測対象画像撮像に使用する内視鏡101の種別により異なる値を用いる必要性が考えられる。その際には、例えば同出願人により特願昭61-179129号に開示されている、内視鏡用自動条件設定装置における設定条件に、距離D及びF、歪曲収差補正值等のデータを含ませ、ビデオプロセッサ110Rまたは110Lを通じ、ホストコンピュータ120に伝送すればよい。

【0103】また、計測用内視鏡として、対物レンズ系に角度(輻輳角)をつけた内視鏡を用いてもよい。例えば図24に示すように、左右の対物レンズ及び撮像手段の片側一方(または、双方でもよい)を同じ角度で傾けたことにより、内視鏡先端から比較的近い距離においても良好な視差のある画像が得られる。したがって、左右画像において重なる領域、すなわち対象点を指定できる領域が増加することになる。

【0104】また、計測用内視鏡として、図25に示すような、左右の対物レンズの一方を、より狭角にした内視鏡を用いてもよい。広角レンズによる撮像画像周辺部では、歪曲収差による歪が大きく、計測用のデータとして使用できない場合が多い。そこで、一方の対物レンズを狭角とし、その視野を広角の対物レンズによる視野の中央部で重なるように配置する。計測対象とする領域の大きさを狭めることなく、狭角の対物レンズに対する撮像手段をより画素数の少ない小型のものとすることが可能となる。

【0105】上記各実施例においては、計測用内視鏡装置として、2系統の撮像系を用いたステレオ内視鏡を用いたが、これに限定されるものではなく、対象点の3次元座標を特定し、投影平面を設定することが可能なものであれば、面積計測の実現が可能である。例えば、同出願人による特願平4-36364号において開示されている、ビーム光を用いた計測用内視鏡装置においても好適である。

【0106】また、撮像手段は、内視鏡の挿入部先端部に複数設けたものに限らず、挿入部内に、例えばファイババンドルよりなる複数の像伝送手段を設け、この像伝送手段の後端に、複数の撮像手段を設けてもよい。さらに、挿入部先端に、1つの撮像手段を設け、この撮像手段を移動することにより、視差を有する複数の画像を撮像するようにしてもよい。

【0107】また、左右各画像を1つのモニタの左右に、あるいは交互に表示するようにしてもよい。

【0108】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の計測用内視鏡装置によれば、計測対象領域を1つ以上の投影平面上の3次元座標に展開して面積を算出するので、計測対象の面積を客観的に認識できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例に係る計測用内視鏡装置の構成を示

すブロック図。

【図2】図1の内視鏡の挿入部先端部の説明図。

【図3】図1の計測用内視鏡装置の機能構成を示す機能ブロック図。

【図4】図1のホストコンピュータの構成を示すブロック図。

【図5】図1の外部記憶装置の構成を示すブロック図。

【図6】図1の計測用内視鏡装置による面積計測の処理の流れを示すフローチャート。

【図7】図6の処理による面積計測の概念を示す説明図。

【図8】図6の面積計測の処理の概要を示す説明図。

【図9】図6の面積計測に用いる3次元座標系を説明する説明図。

【図10】図6における計測対象点の3次元座標算出原理のための説明図。

【図11】図6における歪曲収差補正に関する説明図。

【図12】図6の処理によるスケールマーカの表示例を示す説明図。

【図13】図6における面積計測のための境界追跡に関する第1の説明図。

【図14】図6における面積計測のための境界追跡に関する第2の説明図。

【図15】図6における面積計測のための三角形分割に関する第1の説明図。

【図16】図6における面積計測のための三角形分割に関する第2の説明図。

【図17】図6における面積計測のための三角形分割に関する第3の説明図。

【図18】図6の面積算出における三角形分割処理のアルゴリズムを示すフローチャート。

【図19】第2実施例に係る面積計測の処理の流れを示すフローチャート。

【図20】図19の処理における平面の設定に関する第1の説明図。

【図21】図19の処理における平面の設定に関する第2の説明図。

【図22】図19の処理における面積計測のための投影

を説明する説明図。

【図23】図19の処理における面積計測のための境界追跡に関する説明図。

【図24】光学系に角度をもたせた計測用内視鏡の説明図。

【図25】広角及び狭角の対物レンズを備えた計測用内視鏡の説明図。

【符号の説明】

101…内視鏡

104L, 104R…撮像手段

110L, 110R…ビデオプロセッサ

111L, 111R…A/D変換器

112L…左画像用フレームメモリ

112R…右画像用フレームメモリ

120…ホストコンピュータ

121…CPU

122L…左フレームメモリI/F

122R…右フレームメモリI/F

123…メインメモリ

124…外部記憶I/F

125…マウスI/F

127…CRT

128L…左ビデオプロセッサI/F

128R…右ビデオプロセッサI/F

130L, 130R…モニタ

140…外部記憶

145…マウス

150…切換手段

151L, 151R…カーソル表示手段

153…案内線表示手段

154…対象点位置算出手段

155…領域設定手段

157L, 157R…ORゲート

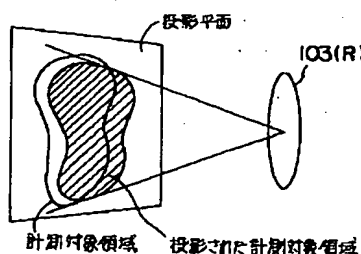
158L, 158R…D/A変換器

160…平面設定手段

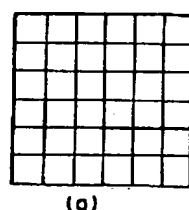
161…投影手段

162…面積算出手段

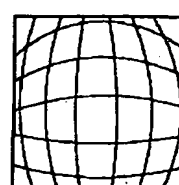
【図7】



【図11】

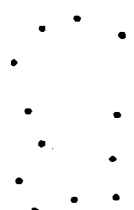


(a)



(b)

【図15】

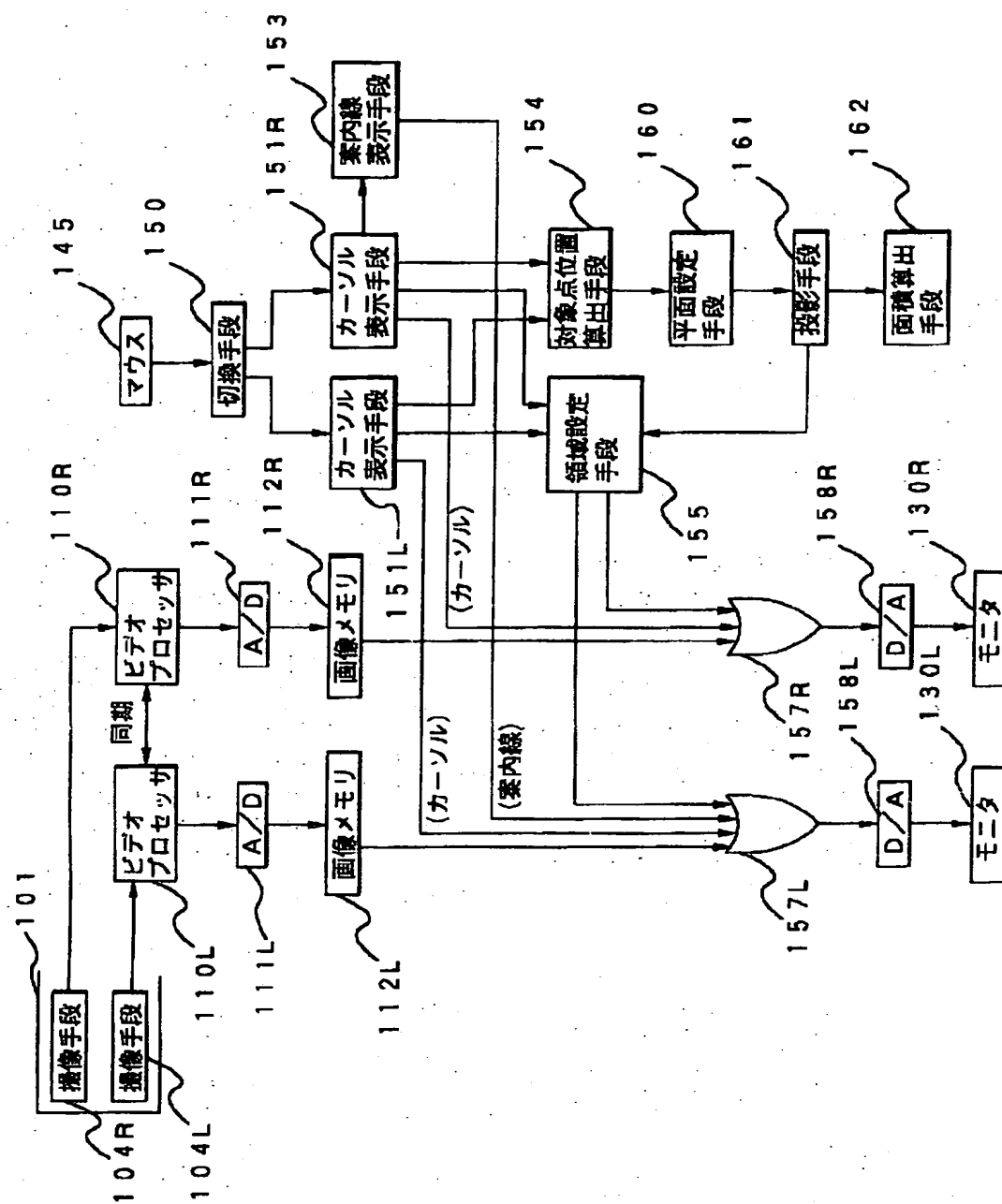


(a)

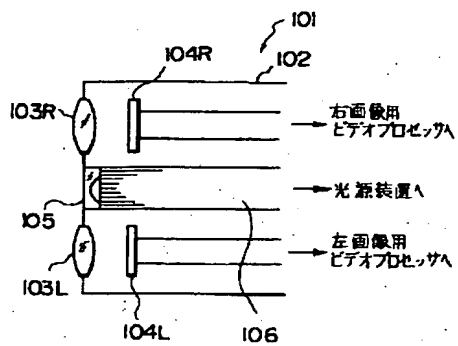


(b)

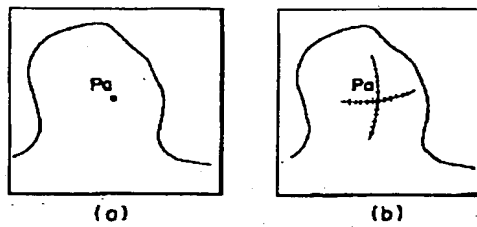
【図1】



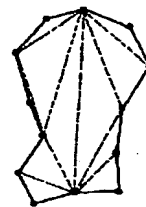
【図2】



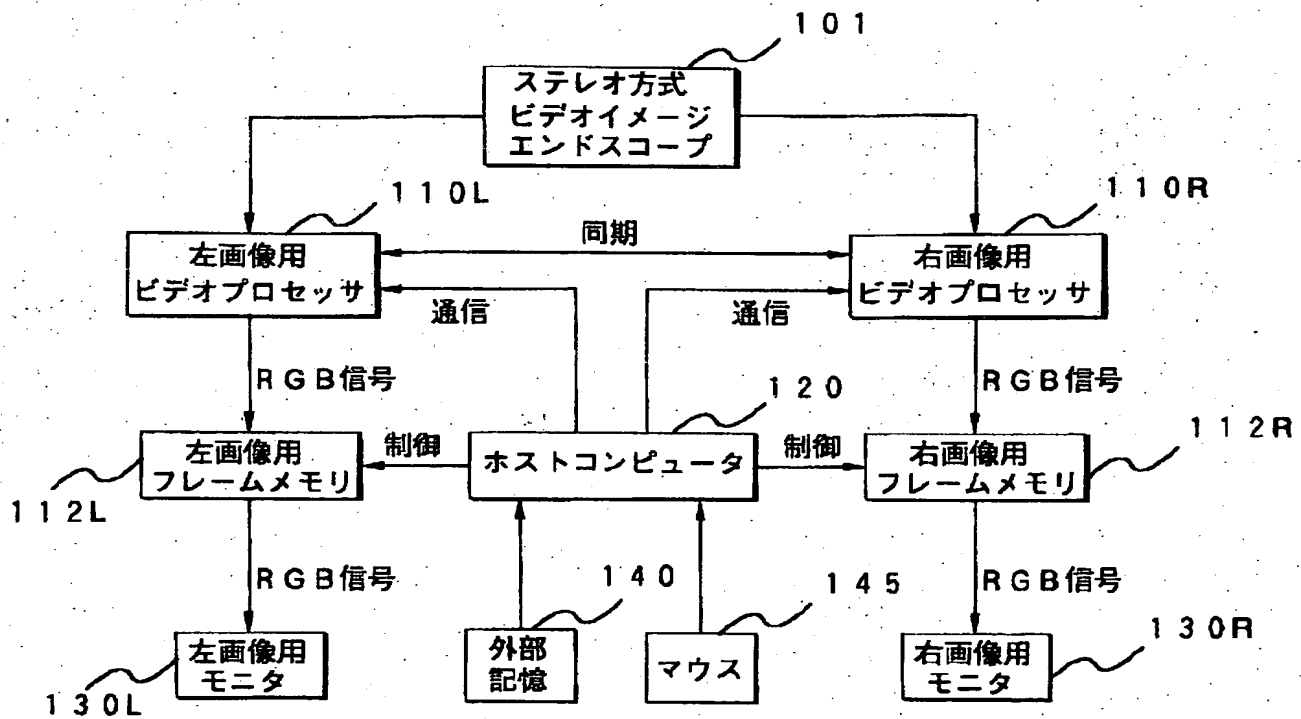
【図12】



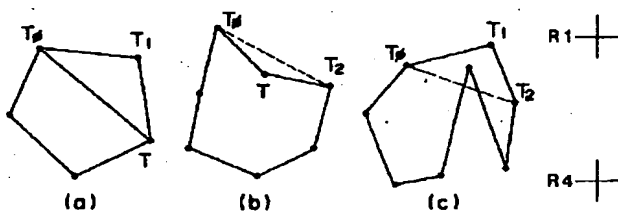
【図16】



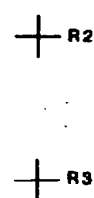
【図3】



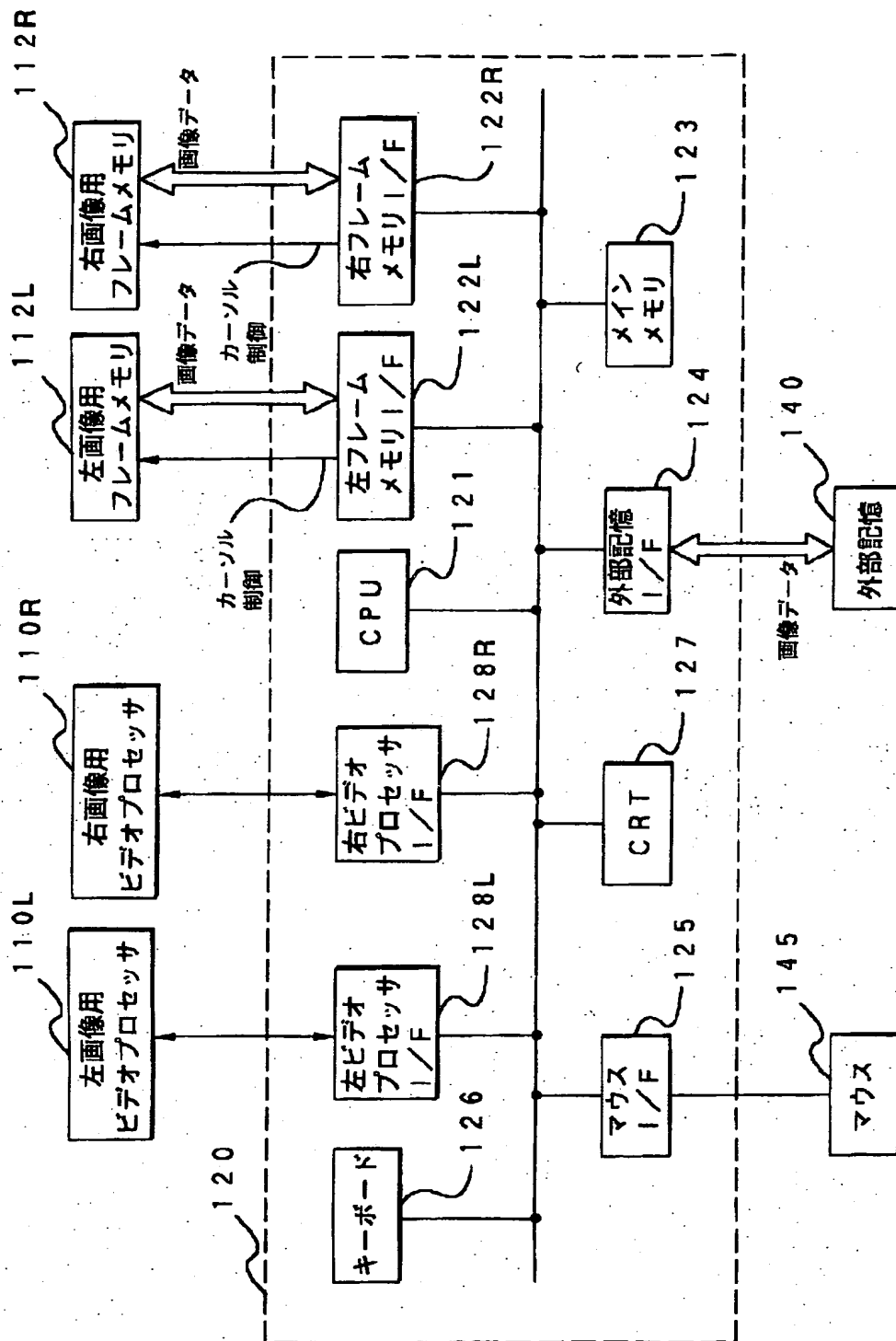
【図17】



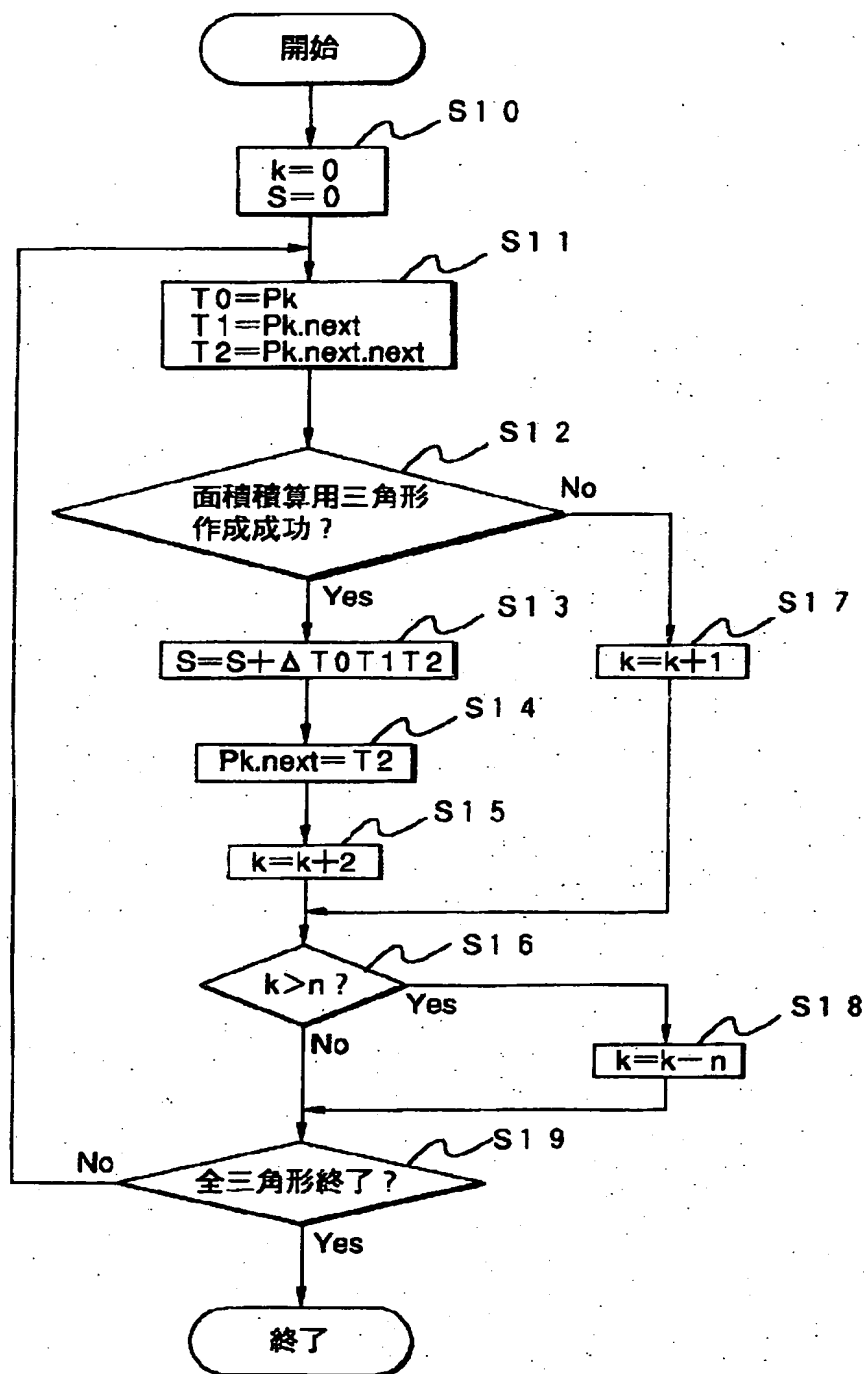
【図20】



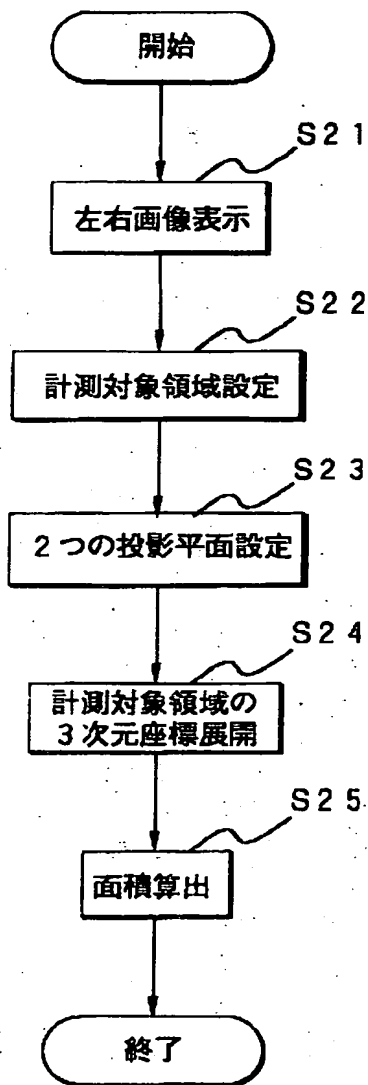
【図4】



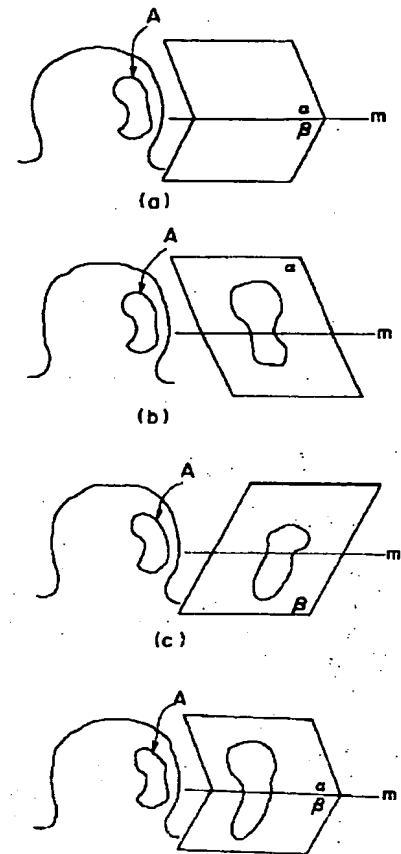
【図18】



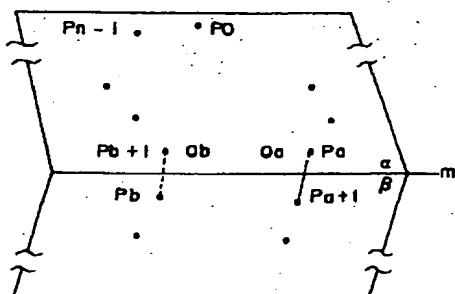
【図19】



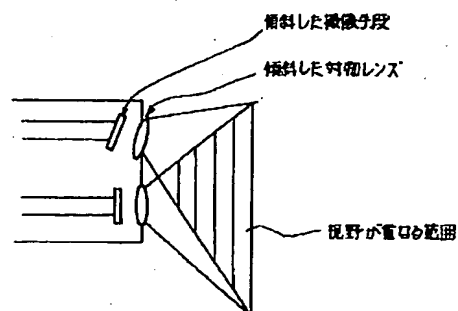
【図22】



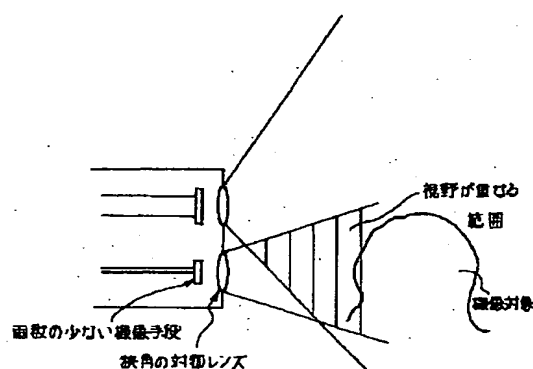
【図23】



【図24】



【図25】



【手続補正書】

【提出日】平成5年9月2日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】

【作用】本発明の計測用内視鏡装置では、撮像された画像に対し、計測対象とする領域が設定すると共に、3次元空間における少なくとも1つの平面を設定し、前記領域を前記平面に投影して、前記投影された領域の面積を演算することで、対象物の面積の客観的な認識を可能とする。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】次に、計測用内視鏡装置の機能ブロック構成を図1を用いて説明する。前記撮像手段104R、104Lによって撮像された各画像信号は、それぞれ、ビデオプロセッサ110R、110Lに入力され、映像信号処理が施されるようになっている。前記各ビデオプロセッサ110R、110Lから出力される各画像信号は、それぞれ、A/D変換器111R、111Lによりデジタル信号に変換された後、画像メモリすなわち、各フレームメモリ112R、112Lのうちの画像用のメモリに記憶されるようになっている。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】本実施例においては計測対象領域を、3つの指定された対象点による1つの投影平面上に投影し、その面積を求めるものとする。図7は、本実施例における面積計測の原理の概念図である。図7において、平面設定手段160により設定された平面に投影手段161によって計測対象領域を投影することにより、計測対象領域が投影平面上に存在しているものと仮定し、面積算出手段162でその面積を算出する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正内容】

【0053】対象点Pの3次元座標(X_p , Y_p , Z_p)は、三角法を用いて算出される。図10において、対象点Pの左右撮像手段上での結像位置は、撮像手段104R及び104Lの光軸との交点R1及びL1を原点とし、それぞれ(L_{px} , L_{py})、(R_{px} , R_{py})として表される。ただし、R1とL1のY座標は等しく、 $L_{py} = R_{py}$ であるため、図10(b)では左側撮像系のみを示す。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正内容】

【0056】図10において、左右対物レンズ系103L及び103Rの中心をそれぞれL2及びR2とする。また、Dは左右の光軸間の距離、Fは対物レンズ系103Rと撮像手段104Rとの距離を示し対物レンズ系104Lと撮像手段104Lとの距離もこれに等しい。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0058

【補正方法】変更

【補正内容】

【0058】図10(a)より

(A) $\Delta PQ \underline{L2} \approx \Delta \underline{L2} \underline{L1} \underline{Lpx}$ (B) $\Delta PR2 \underline{Q} \approx \Delta \underline{R2} \underline{Rpx} \underline{R1}$

図10(b)より

(C) $\Delta PQ \underline{L2} \approx \Delta \underline{L2} \underline{L1} \underline{Lpy}$

$\underline{L1} \underline{Lpx}$ 、 $\underline{R1} \underline{Rpx}$ 及び $\underline{L1} \underline{Lpy}$ の値は撮像素子面における距離として得ることができる。すなわち、フレームメモリ112R及び112L上における結像位置と、1画素あたりの画素サイズから求めればよい。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

$$Xp = D \cdot (\underline{Lpx} \underline{L1} - \underline{Rpx} \underline{R1}) / 2 (\underline{Ppx} \underline{L1} + \underline{Rpx} \underline{R1}) \quad \dots (1)$$

$$Yp = D \cdot \underline{Lpy} \underline{L1} / (\underline{Lpx} \underline{L1} + \underline{Rpx} \underline{R1}) \quad \dots (2)$$

$$Zp = D \cdot F / (\underline{Lpx} \underline{L1} + \underline{Rpx} \underline{R1}) \quad \dots (3)$$

以上により得られる対象点の3次元座標より、内視鏡先端から対象点までの距離、複数の対象点間の距離を算出することができる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

$$\text{左側 } Xp = (\underline{Lpx} \underline{L1} \cdot Zp - D \cdot F / 2) / F \quad \dots (4)$$

$$\text{右側 } Xp = (-\underline{Rpx} \underline{R1} \cdot Zp + D \cdot F / 2) / F \quad \dots (5)$$

$$Yp = -\underline{Lpy} \underline{L1} \cdot Zp / F (= -\underline{R1} \underline{Rpy} \cdot Zp / F) \quad \dots (6)$$

設定された計測対象領域が左画像上のものであれば式

(4).を、右画像上のものであれば式(5)を用いる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0071

【補正方法】変更

【補正内容】

【0059】また、図10(a)より

(E) $\underline{R2} \underline{Q} + \underline{Q} \underline{L2} = D$

が成り立ち、さらに、図10(a)及び図10(b)より

(F) $\underline{L2} \underline{L1} = \underline{R2} \underline{R1} = F$

が成り立つ。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正内容】

【0061】

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正内容】

【0068】

【補正方法】変更

【補正内容】

【0071】左側：

【数1】

$$Xp = \frac{\underline{L1} \underline{Lpx} \times (\frac{a \times D}{2} - d)}{a \times \underline{L1} \underline{Lpx} - b \times \underline{L1} \underline{Lpy} + c \times F} - \frac{D}{2} \quad \dots (8)$$

$$Yp = \frac{\underline{L1} \underline{Lpy} \times (-\frac{a \times D}{2} + d)}{a \times \underline{L1} \underline{Lpx} - b \times \underline{L1} \underline{Lpy} + c \times F} \quad \dots (9)$$

$$Zp = \frac{\frac{a \times D \times F}{2} - d \times F}{a \times \underline{L1} \underline{Lpx} - b \times \underline{L1} \underline{Lpy} + c \times F} \quad \dots (10)$$

右側：

【数2】

$$X_p = \frac{-R_{px}R_1 \times (\frac{a \times D}{2} + d)}{a \times R_{px}R_1 + b \times R_1R_{py} - c \times F} + \frac{D}{2} \quad \dots(11)$$

$$Y_p = \frac{-R_1R_{py} \times (\frac{a \times D}{2} + d)}{a \times R_{px}R_1 + b \times R_1R_{py} - c \times F} \quad \dots(12)$$

$$Z_p = \frac{\frac{a \times D \times F}{2} + d \times F}{a \times R_{px}R_1 + b \times R_1R_{py} - c \times F} \quad \dots(13)$$

得られた3次元座標と、前述の連結情報を用いて、計測対象領域の面積を求める。本実施例においては、3次元座標に展開された領域境界点により表される計測対象領域を、複数の三角形に分割し、それらの面積の和を求めることとする。図15及び図16は、本実施例における三角形分割のための説明図である。領域境界点は、投影平面上において、例えば図15(a)に示すように、離散的に分布している。ここで連結情報を用いると、計測対象領域は図15(b)に示されるような多角形とみなすことができる。したがって、図15(a)の計測対象領域の面積は、図16に示されるような複数の三角形への分割により、それらの面積の総和として求めることが可能となる。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】計測対象領域はn個の領域境界点P0～P_{n-1}より構成されるものとする。ステップS10において、k=0、求める面積S=0と初期化する。続いてステップS11において、三角形を形成する3点T0、T1、T2を、それぞれ点Pk、Pk.next、Pk.next.nextに設定する。Pk.nextはPkが連結する点を示し、P

k.next.nextはさらにPk.nextが連結する点を示すものとする。これらは連結情報に基づき代入される。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0090

【補正方法】変更

【補正内容】

【0090】例えば、4つの対象点R1～R4が図20に示されるような配置で指定されているものとする。1つの平面は、3つの点により規定されるため、図20における対象点R1～R4による2つの平面の設定は、図21(a)、(b)、(c)及び(d)に示される4通りが考えられる。図21において、α及びβはそれぞれ第1及び第2の投影平面を構成する3点を頂点とした三角形を示している。例えば、図22(a)では、3点R1、R2、R3による平面αと、3点R1、R2、R4による平面βが構成され、点R1及びR2を通る交線において交わっていることを表す。

【手続補正13】

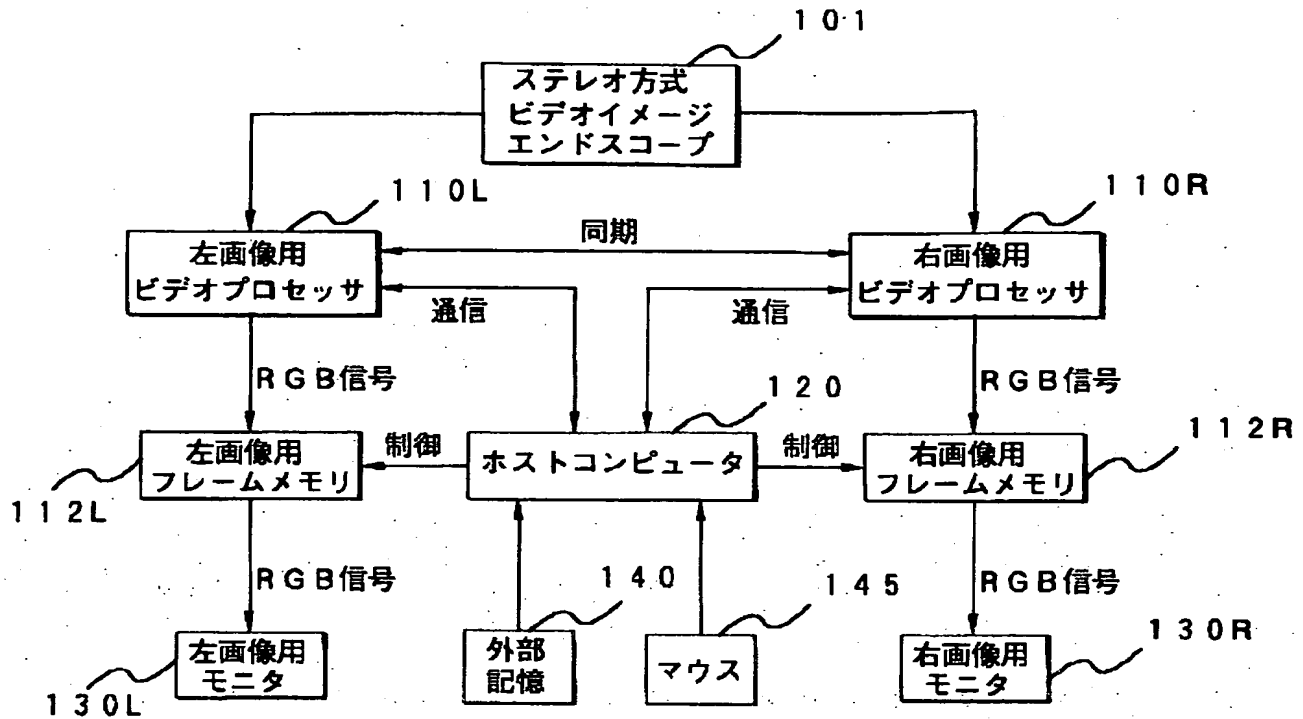
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】



【手続補正14】

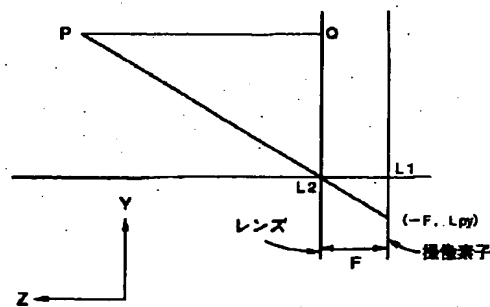
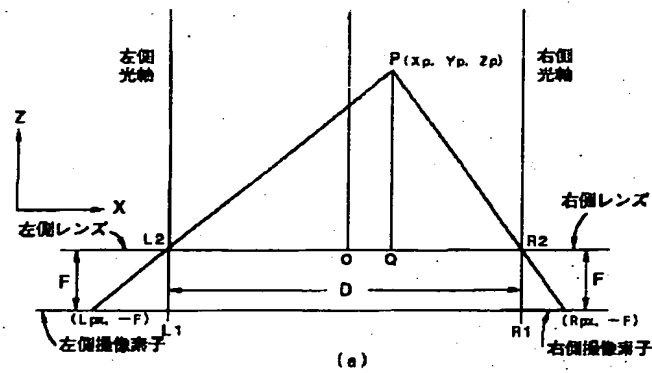
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

【図10】



(b)

【手続補正15】

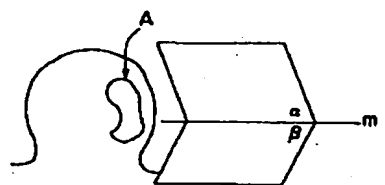
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図22

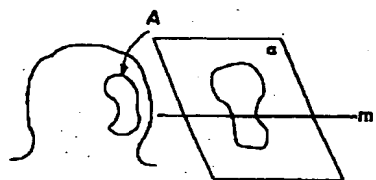
【補正方法】変更

【補正内容】

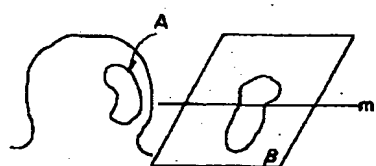
【図22】



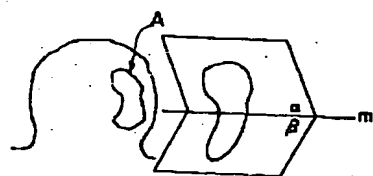
(a)



(b)



(c)



(d)